

## Electronic welding energy source

**Publication number:** DE19738785

**Publication date:** 1999-04-01

**Inventor:**

**Applicant:** LEIPOLD & CO GMBH (DE)

**Classification:**

**- international:** *B23K9/022; B23K9/073; B23K9/095; B23K9/12; B23K9/02; B23K9/06; B23K9/095; B23K9/12; (IPC1-7): B23K9/095; B23K9/133*

**- european:** *B23K9/022; B23K9/073F; B23K9/095B; B23K9/12F; B23K9/12S*

**Application number:** DE19971038785 19970904

**Priority number(s):** DE19971038785 19970904

**Report a data error here**

### Abstract of **DE19738785**

The control system (1, 6) specifies the instantaneous current or voltage for the welding energy source. It provides the electrode positioning drive (5) with information about the relative position of electrode wire (7) and workpiece (10). Before droplet formation is completed, the electrode or the workpiece is moved so that droplet transfer is assisted.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 38 785 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 K 9/095**  
B 23 K 9/133

②1 Aktenzeichen: 197 38 785.3  
②2 Anmeldetag: 4. 9. 97  
④3 Offenlegungstag: 1. 4. 99

DE 197 38 785 A 1

⑦1 Anmelder:  
Leipold & Co. GmbH, 67806 Rockenhausen, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Klein, F., 67663 Kaiserslautern

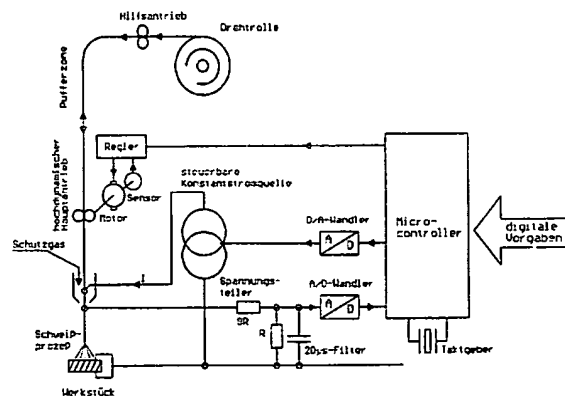
⑦2 Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden  
  
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 19 28 198 B2  
KILLING, R., Die Regelung bei Metall-  
Schutzgasschweißen mit Impulslichtbogen,  
In: Der Praktiker, 1990, H.6, S.290,293,294;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Elektronische Schweißenergiequelle

⑤7 Die Erfindung betrifft eine elektronische Schweißenergiequelle für das Lichtbogenschweißen mit abschmelzender Elektrode, einer Fördereinrichtung für die Zufuhr der Elektrode zur Schweißstelle und einem durch elektrische Führungsgrößen steuerbaren Leistungsteil sowie mit einer das Verhalten der Schweißenergiequelle bestimmen Reglereinheit, die dem Leistungsteil den momentanen Strom oder die momentane Spannung vorgibt und einem der Förderrichtung nachgeordneten Positionierantrieb für die Elektrode während der Tropfenbildung zur Bestimmung der jeweiligen Länge des Lichtbogens Informationen für die momentane Relativlage zwischen der Elektrode und dem Werkstück zuführt, wobei die Elektrode oder das Werkstück vor dem Abschluß der Tropfenbildung eine den Übergang des Tropfens unterstützende Bewegung ausführt.



DE 197 38 785 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schweißenergiequelle für das Lichtbogenschweißen mit den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Schweißstromquellen für das Schweißen unter Schutzgas mit abschmelzender Elektrode sind bekannt. Der die Elektrode bildende Schweißdraht wird dabei kontinuierlich der Schweißstelle zugeführt, in einem Lichtbogen aufgeschmolzen und tropfenförmig in das Schmelzbad auf der Werkstückseite eingebracht.

Die Tropfenbildung an der abschmelzenden Elektrode und das Aufschmelzen des Werkstückes folgen bekannten physikalischen sowie thermodynamischen Gesetzen und sind bei bekannter Lichtbogenlänge reproduzierbar.

Da der Tropfen aufgrund der Oberflächenspannung an der Elektrode haftet, bereitet jedoch das zeitlich nicht genau vorbestimmbare Lösen des Tropfens von der Elektrode Schwierigkeiten.

Bekannte Schweißverfahren versuchen, dieses Problem auf unterschiedliche Art und Weise zu lösen.

So wird beim Lichtbogenschweißen mit sog. Kurzlichtbogen die Elektrode langsamer aufgeschmolzen als sie zum Werkstück hin transportiert wird. Dadurch verringert sich der Abstand zwischen Elektrode und Werkstück stetig, so daß der Übergang des Tropfens im Kurzschluß erfolgt. Der sich von der Elektrode lösende Tropfen wird im Schmelzbad aufgenommen, wobei das Ende der Elektrode freigelegt wird und ein neuer Lichtbogen entstehen kann.

Beim Schweißen mit sogenanntem Sprühlichtbogen führt eine relativ hohe Stromdichte zu lokalen Überhitzungen an der Oberfläche der Elektrode, wodurch kleine Tropfen entstehen, die auf das Werkstück gesprüht werden.

Schließlich wird beim Schweißen mit sogenanntem Pulslichtbogen zur Tropfenbildung ein Stromimpuls definierter Form und Dauer verwendet und der Tropfen zum Werkstück geschleudert.

Den vorgenannten Verfahren der Tropfenbildung bzw. des Überganges des Tropfens ist gemeinsam, daß zum jeweiligen Zeitpunkt des Ablöses des Tropfens hohe Energien auftreten, die nachteilige Folgen für die Qualität des Schweißprozesses haben und beispielsweise zu Spitzerbildungen, Einbrandkerben u.ä. führen. Da die Abweichungen im Ablösen der Tropfen einer statistisch ermittelbaren Verteilung entsprechen, ist es bekannt, zur Vermeidung der genannten Nachteile Stabilisierungsmaßnahmen für die Ablösung der Tropfen zu treffen. Da dieses überwiegend auf der ermittelten statistischen Verteilung und deren Auswertung beruhen, die entsprechend große Toleranzen aufweist, sind diese auf den Mittelwerten der Abweichungen basierenden Maßnahmen nur in bestimmten Einsatzfällen erfolgreich.

Präzisionsschweißungen, sowie das Schweißen sehr dünnwandiger Teile und das Verschweißen bestimmter Materialkombinationen sind deshalb mit den vorgenannten Verfahren nicht oder nur bedingt möglich. Hierzu werden Verfahren mit nichtabschmelzender Elektrode bevorzugt, da bei diesen die Wärmeerbringung einerseits und die Materialeinbringung andererseits voneinander getrennt beeinflusst werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, für eine gattungsgemäße Schweißenergiequelle die Tropfenbildung sowie den Übergang des Tropfens von der abschmelzenden Elektrode zum Werkstück, und die Badbildung zu verbessern und dabei reproduzierbar zu gestalten.

Ausgehend von einer gattungsgemäßen Schweißenergiequelle wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Reglereinheit dem Leistungsteil den momentanen Strom oder die momentane Spannung vorgibt, und einem der Förderein-

richtung nachgeordneten Positionierantrieb für die Elektrode während der Tropfenbildung zur Bestimmung der jeweiligen Länge des Lichtbogens Informationen für die momentane Relativlage zwischen der Elektrode und dem Werkstück zuführt, wobei die Elektrode oder das Werkstück vor dem Abschluß der Tropfenbildung eine den Übergang des Tropfens unterstützende Bewegung ausführt.

Während bei den bekannten Verfahren nach dem Festlegen der elektrischen Parameter für den Schweißvorgang eine Optimierung der Tropfenbildung bzw. des Tropfenüberganges lediglich durch Verändern der eingestellten elektrischen Parameter versucht wurde, wird bei der erfindungsgemäßen Schweißenergiequelle die Elektrode in Abkehr hiervon während der Tropfenbildung zur Bestimmung der jeweiligen Länge des Lichtbogens durch den Positionierantrieb in Bezug auf das Werkstück bewegt, wobei der Übergang des Tropfens entweder durch seine Berührung mit dem Werkstück oder durch das Abbremsen der Elektrode unterstützt wird. Dabei kann die Bewegung der Elektrode individuell an die Erfordernisse des jeweiligen Schweißvorganges oder auch an die Materialkombinationen angepaßt werden, und kann kontinuierlich oder intermittierend oder auch mit größeren Stillstandsphasen erfolgen.

Damit kann der Schweißvorgang bis herab auf die Ebene eines einzelnen Tropfens reproduzierbar gestaltet werden.

Da der Positionierantrieb ohne weiteres in der Nähe des eigentlichen Schweißvorganges an der gestreckt zuzuführenden Elektrode angreifen kann und damit die zu beschleunigenden und zu verzögernden Massen wesentlich reduziert werden können, läßt sich die Positionierbewegung der Elektrode von ihrer eigentlichen Zuführbewegung trennen und somit mit sehr hoher Geschwindigkeit durchführen.

Für das Erreichen der jeweiligen Lage der Elektrode kann dabei sowohl ein offener Steuerkreis als auch ein geschlossener Regelkreis verwendet werden.

Der Lageregler für die jeweilige Position der Elektrode kann dem Schweißprozeßregler untergeordnet und von diesem gesteuert werden. Damit ist die jeweilige momentane Position der Elektrode wie ein üblicher Schweißparameter (z. B. Schweißstrom) vom Schweißprozeßregler vorgebar. Da somit die jeweilige momentane Lichtbogenlänge weitgehend unabhängig von den anderen Schweißparametern gewählt werden kann, erhält die Schweißenergiequelle einen zusätzlichen Freiheitsgrad und ermöglicht reproduzierbare Schweißigenschaften in Anwendungsbereichen, die bislang Systemen mit nichtabschmelzenden Elektroden vorbehalten waren.

Dabei wird durch die Möglichkeit der Beeinflussung von Lichtbogenlänge, Schweißstrom und -Zeit eine definierte Badbildung am Werkstück und durch die Beeinflussungsmöglichkeit von Schweißstrom und -Zeit eine definierte Tropfenbildung an der abschmelzenden Elektrode erreicht.

Für die Erzielung von reproduzierbaren Bewegungen der Elektrode ist es zweckmäßig, wenn die sich bei jedem kurzschlußbehafteten Tropfenübergang zwischen der Elektrode und dem Werkstück bildende Kurzschlußspannung der Reglereinheit zuführbar ist, und die Reglereinheit durch das Erkennen dieses Kurzschlusses jeweils die Nullposition der Elektrode neu ermittelt.

Da der Abstand zwischen dem Werkstück und dem Ende der Elektrode in der Kurzschlußposition stets der gleiche ist, und damit die Relativlage der Elektrode zum Werkstück ebenfalls stets die gleiche, ist es für die Optimierung sowohl der Tropfenbildung als auch des Überganges des Tropfens vorteilhaft, für den Beginn einer jeden Tropfenbildung stets von von ein und derselben Ausgangsposition der Elektrode auszugehen und hierzu die Kurzschlußposition der Elektrode heranzuziehen, die bei jedem kurzschlußbehafteten

Tropfenübergang neu feststellbar ist.

Zur mechanischen Unterstützung des Überganges des Tropfens zum Werkstück, kann es für bestimmte Materialkombinationen vorteilhaft sein, wenn die Bewegung der Elektrode einem vorgebbaren zyklischen Geschwindigkeitsprofil folgt, oder wenn bei konstanter Elektrodengeschwindigkeit das Werkstück dementsprechend bewegt wird, und die Reglereinheit den Strom- und Spannungsverlauf entsprechend steuert oder prozeßabhängig anpaßt, um im Gesamtsystem den Tropfenübergang zu unterstützen.

Für bestimmte Einsatzfälle kann es zweckmäßig sein, den Übergang des Tropfens derart zu unterstützen, daß dieser nicht kurzschlußbehaftet ist. Dies kann dadurch erreicht werden, daß der Positionierantrieb für die Elektrode seine Geschwindigkeit dann verringert, wenn sich ein Tropfen flüssigen Materials gebildet hat, um den Tropfen vor dem Entstehen eines Kurzschlusses von der Elektrode abzuschleudern.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der weiteren Unteransprüche.

Nachstehend werden der prinzipielle Aufbau und die prinzipielle Wirkungsweise einer erfindungsgemäßen elektronischen Schweißenergiequelle erläutert.

Hierbei wird auf eine Beschreibung der bekannten Schaltungsanordnungen verzichtet, die Teil der Schweißenergiequelle sind. So werden weder die Bedieneinheit mit der Vorrichtung zum Vorgeben von Schweißparametern, noch das eine Konstantstromcharakteristik aufweisende Leistungsteil beschrieben. Erwähnt sei jedoch, daß der Sollstrom vorgebar und die Verstärkung konstant 100 A/V ist, wobei Änderungen von 1000 A/ms möglich sind.

Ferner wird auf die Beschreibung solcher Schweißverfahren verzichtet, die mit der erfindungsgemäßen Schweißenergiequelle zwar prinzipiell durchführbar sind, die ansonsten aber in keinem direkten Bezug zur Erfindung stehen.

Die Erfindung ist anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels anhand der beigelegten Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Anordnung für micro-MIG-Schweißungen;

Fig. 2 eine Grafik der Strom- und Spannungsverläufe für mehrere Tropfenzyklen.

Über einen Spannungsteiler und ein Filter zur Reduzierung von Störspannungen gelangt der Istwert der Schweißspannung zum Eingang eines A/D Wandlers. Der Ausgang des Wandlers ist mit einem Microcontroller verbunden, der den Schweißprozeßregler bildet. Dieser gibt seinerseits die Sollwerte für den Schweißstrom und die Stellung der abschmelzenden Elektrode vor.

Da die abschmelzende Elektrode einem ständigen Verbrauch unterliegt, ist der Lagereglerelement inkremental aufgebaut. Der vom Schweißprozeßregler vorgegebene Sollwert bewirkt, daß die Elektrode um den vorgegebenen Betrag in die vorgegebene Richtung mit der vorgegebenen Geschwindigkeit bewegt wird. Die hohen Beschleunigungen machen es erforderlich, die zu bewegenden Massen möglichst klein zu halten. Der Elektrodendraht wird daher mittels eines kontinuierlich oder intermittierend arbeitenden Hilfantriebes, der eine eigene Steuerung aufweist, von einer Vorratsrolle in eine Pufferzone gefördert.

Ein Positionierantrieb, der beispielsweise als hochdynamischer Schrittmotor ausgebildet und möglichst nahe an der eigentlichen Schweißstelle angeordnet sein kann, fördert die Drahtelektrode in gestreckter Form aus dem Puffer auf kürzestem Weg durch die Kontaktierung für den Schweißstrom zum Werkstück.

In Fig. 2 sind die typischen Verläufe der einzelnen Para-

meter während einer Schweißung dargestellt. Vorgegeben werden der Schweißstrom und die Lage der abzuschmelzenden Elektrode. Die gemessene Schweißspannung ist ebenfalls dargestellt.

Am Schweißbeginn wird die Elektrode solange bei ausgeschalteter Stromquelle zum Werkstück hin bewegt, bis ein Kurzschluß zwischen der Elektrode und dem Werkstück festgestellt wird (A). Die Stromquelle wird mit dem Sollwert Zündstrom eingeschaltet. Dies kann spitzerfrei im Litt-Arc-Verfahren, das aus Systemen mit nichtabschmelzender Elektrode bekannt ist, erfolgen (B). Anschließend wird die Elektrode auf Zündabstand zurück gefahren (C). In der anschließenden Schweißstromzeit steht die Elektrode still. Das Werkstück schmilzt auf und an der Elektrode bildet sich ein Tropfen flüssigen Materials. Danach wird die Elektrode wieder zum Werkstück hin bewegt (E), wobei der Strom auf Übergangsstrom abgesenkt ist. Diese Phase endet mit dem Erkennen eines Kurzschlusses zwischen der Elektrode und dem Werkstück. Die Phasen C, D und E werden bis zum Schweißende zyklisch wiederholt, wobei Abstände, Ströme und Zeiten prozeßabhängig variiert werden können. Dabei erfolgt das Wiederzünden des Lichtbogens durch Herausziehen der Elektrode aus dem Schmelzbad bei minimalem Stromfluß, so daß keine Spritzer entstehen können. Am Schweißende wird während des Überganges des letzten Tropfens die Stromquelle abgeschaltet und die Elektrode auf Ruheabstand zurückgefahren. Sie bleibt deshalb spitz und erleichtert den Schweißbeginn an der nachfolgenden Naht.

#### Patentansprüche

1. Elektronische Schweißenergiequelle für das Lichtbogenschweißen mit abschmelzender Elektrode, einer Fördereinrichtung für die Zufuhr der Elektrode zur Schweißstelle und einem durch elektrische Führungsgrößen steuerbaren Leistungsteil sowie mit einer das Verhalten der Schweißenergiequelle bestimmenden Reglereinheit **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reglereinheit dem Leistungsteil den momentanen Strom oder die momentane Spannung vorgibt und einem der Fördereinrichtung nachgeordneten Positionierantrieb für die Elektrode während der Tropfenbildung zur Bestimmung der jeweiligen Länge des Lichtbogens Informationen für die momentane Relativlage zwischen der Elektrode und dem Werkstück zuführt, wobei die Elektrode oder das Werkstück vor dem Abschluß der Tropfenbildung eine den Übergang des Tropfens unterstützende Bewegung ausführt.

2. Elektronische Schweißenergiequelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die sich bei jedem kurzschlußbehafteten Tropfenübergang zwischen der Elektrode und dem Werkstück bildende Kurzschlußspannung der Reglereinheit zuführbar ist, und die Reglereinheit durch das Erkennen dieses Kurzschlusses jeweils die Nullposition der Elektrode neu ermittelt.

3. Elektronische Schweißenergiequelle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß der Positionierantrieb für die Elektrode einem vorgebbaren zyklischen Geschwindigkeitsprofil folgt, oder das Werkstück bei konstanter Elektrodengeschwindigkeit bewegt wird, und die Reglereinheit den Strom- und Spannungsverlauf entsprechend steuert oder prozeßabhängig anpaßt, um den Tropfenübergang von der Elektrode zum Werkstück zu unterstützen.

4. Elektronische Schweißenergiequelle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch

gekennzeichnet, daß der Positionierantrieb für die Elektrode seine Geschwindigkeit dann verringert, wenn sich ein Tropfen flüssigen Materials gebildet hat, um diesen vor einem kurzschlußbehafteten Tropfenübergang von der Elektrode abzuschleudern.

5

5. Elektronische Schweißenergiequelle nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei automatisierten Anwendungen vor Schweißbeginn nur mit der Kurzschlußerkennung dem lagegeregelten Positionierantrieb mit der hier als Sensor verwendeten Elektrode und einer externen Verfahrereinheit die Oberfläche des zu verschweißenden Werkstückes abgetastet wird, um den Schweißnahtverlauf zu erfassen oder die Lage eines vorhandenen Schweißnahtverlaufes zu korrigieren.

10

15

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

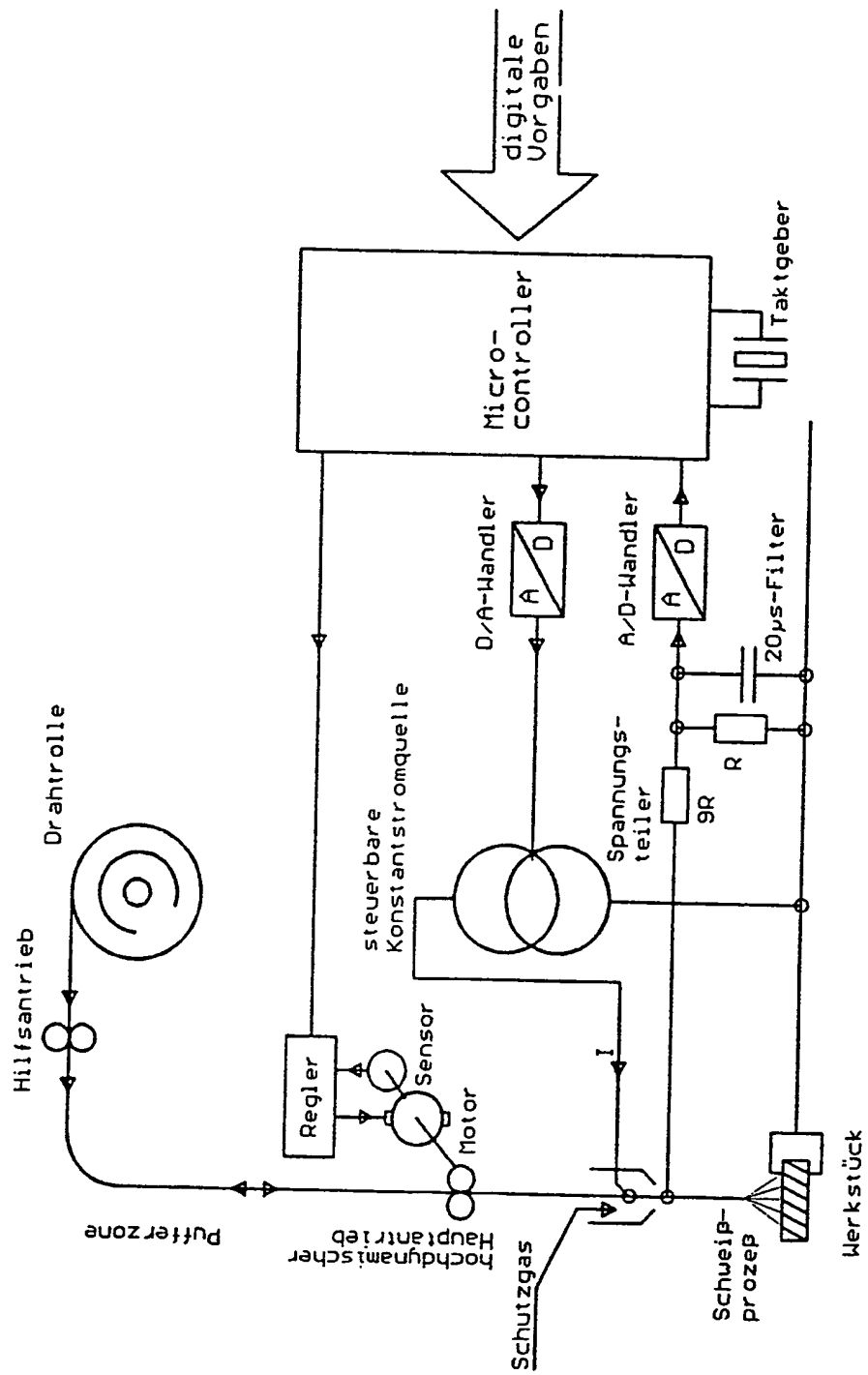


Fig. 2

